

氏 名 <sup>ま</sup>坂 <sup>ま</sup>間 <sup>ち</sup>千 <sup>あき</sup>秋  
 学位(専攻分野) 博 士 (工 学)  
 学位記番号 論 工 博 第 2940 号  
 学位授与の日付 平成 7 年 1 月 23 日  
 学位授与の要件 学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当  
 学位論文題目 Studies on Disjunctive Logic Programming  
 (不確定論理プログラミングに関する研究)

論文調査委員 (主 査)  
 教 授 堂 下 修 司 教 授 松 本 吉 弘 教 授 石 田 亨

### 論 文 内 容 の 要 旨

ホーン節論理プログラムは、明確な論理的基盤に基づくもので、知識処理や人工知能の研究において広く用いられているが、柔軟な推論能力に欠けるなどの問題点を含んでいる。このため、不確定情報を表わす非ホーン節を含む不確定論理プログラムが提唱されているが、知識表現言語としての記述能力や推論機能を著しく強化する一方で、その論理的枠組、他の論理との関係、推論能力、計算法などに多くの課題を残している。本論文は、このような不確定論理プログラムの諸課題について、従来とは異なる観点から、新たな理論的枠組を与えたものであり、8章より構成されている。

第1章は緒言で、不確定論理プログラミングの研究の背景を述べ、従来の研究アプローチに対する諸問題の提起と、これらに対する本研究の貢献について概観している。

第2章は、本研究の準備として、論理プログラミングの諸概念と不確定論理プログラミングの枠組の導入、及び従来未の研究成果について概説している。

第3章は、不確定論理プログラムにおけるモデル論的意味論、否定の概念、及び計算手続きについて議論している。不確定論理プログラムのモデル論的意味論として、従来の極小モデル意味論は不完全情報に対しては必ずしも適当でないことを指摘し、新たに可能モデル意味論を導入している。可能モデル意味論は極小モデルが論理和を通常、排他的に解釈していたのに対して、状況に応じて包含的にも解釈することを可能にし、否定に関しても柔軟な推論能力を提供している。まだ、可能モデル意味論を特徴付けるための不確定論理プログラムの不動点計算の手法とそれに基づくボトムアップ型計算手続きが提案され、従来の極小モデルに基づく手法と比較して低コストで計算が可能であることが示されている。

第4章は、不確定論理プログラムと人工知能におけるデフォルト論理・非単調推論との関係について論じている。まず、本章ではこれまで提案されていた不確定論理プログラムのデフォルト論理への変換に誤りがあることを指摘し、正しい変換方式を提案している。不確定論理プログラムの表現方式としては、デフォルト論理を拡張した不確定デフォルト論理によるものが知られているが、本章では不確定論理プログ

ラムが通常のデフォルト論理によって表現可能であるという事実から、不確定デフォルト論理と通常のデフォルト論理は不確定論理プログラムの記述に関しては表現能力が等価であることが示されている。また最後に、デフォルト論理以外の非単調推論との関係として、自己認識論理、及び極小限定による不確定論理プログラムの表現方法についても論じている。

第5章は、不確定論理プログラムと人工知能における仮説推論の一形式である仮説論理プログラムの関係について議論している。これらは、従来別の枠組として研究が行われてきた。しかしながら、本章では不確定論理プログラムにおける不完全情報を一種の仮説と見なすことによって、本論文で提案された不確定論理プログラムにおける可能モデルと、仮説論理プログラムにおいて従来提案されてきた一般安定モデルが表現能力において等価であることを証明している。この事実は、可能モデル意味論が不確定論理プログラムばかりでなく、仮説論理プログラムにおいても有用であることを示しており、また、仮説論理プログラムの計算論的観点からも可能モデル意味論の有効性が検証されている。

第6章は、不確定論理プログラムにおける矛盾知識の扱いについて論じている。古典論理に基づく論理プログラムの枠組においては、一般に矛盾を含むプログラムを扱う枠組として、超矛盾論理に基づく超矛盾論理プログラミングと呼ばれる枠組が提案され、矛盾する知識の波及効果を局所化することによってプログラム全体が損なわれることを防ぐ仕組みを持っている。本章ではこの枠組をさらに不確定論理プログラムへ拡張し、そのモデル論、及び不動点意味を与え、プログラムが矛盾を含む場合の推論方式について議論している。

第7章は、不確定論理プログラムにおける部分演繹の手法について議論している。与えられたプログラムを最適化し、より効率の良いプログラムに変換する手法の一つとして論理プログラムにおける部分演繹の研究は、これまで主に確定論理プログラムを中心に行われてきたが、本章では部分演繹の手法の不確定論理プログラムへの拡張法が示され、その正当性について述べられている。

第8章は、本研究を総括し、本論文で得られた成果の要約、及び今後の展望について述べている。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、人工知能において広く用いられてきたホーン節に基づく確定論理プログラムを拡張し、記述能力や推論機能を強化した不確定論理プログラムに関して、懸案となっていた諸課題に対して新たな理論的枠組を与えることを目標に研究した成果をまとめたものであり、得られた主な成果は次の通りである。

1. 不確定論理プログラムのモデル論的意味論として、従来極小モデルに対して、包含的論理和を含む可能モデル意味論を提案し、その不動点計算の効率的な計算法を与えた。
2. 不確定論理プログラムと、人工知能におけるデフォルト論理、及びその拡張である不確定デフォルト論理との変換可能性を論じ、両デフォルト論理が不確定論理プログラムの記述能力に関して等価であることを示し、さらに自己認識論理や極小限定による表現法を示した。
3. 従来、別々に扱われてきた不確定論理プログラムと、仮説論理プログラムとに関して、前者における可能モデルと、後者における一般安定モデルとが表現能力において等価であることを証明し、可能モデル意味論の有効性を検証した。

4. 超矛盾論理プログラミングの枠組を，不確定論理プログラムに拡張し，そのモデル論及び不動点意味を与え，矛盾知識を含むプログラムに対する推論方式を示した。
5. プログラムを最適化し，効率化する手法である部分計算法を，不確定論理プログラムに拡張し，その正当性を検証した。

以上要するに，本論文は，従来の論理プログラムを拡張した不確定論理プログラムについて，理論的枠組と計算手続きを与え，知識処理や人工知能における柔軟な推論の実現に資したものであり，学術上，實際上寄与するところが少なくない。よって，本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また，平成6年10月31日，論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果，合格と認められた。